

MODELISATION COMMUNAUTAIRE : COMMUNAUTE DE SIDI FREJ, ALGERIE
- CONCEPTION ET CONSTRUCTION DU MODELE-

Alary V., Redjel N., Zeguida A.

ICARDA/CIRAD (France)/HCDS (Algérie)/ITGC(Algérie)

Rapport 2002

Introduction

Le présent travail s'inscrit dans le cadre du projet de recherche Maghreb & Mashreq : « The Development of Integrated Crop/Livestock Production in the Low Rainfall Areas of West Asia and North Africa (The Mashreq / Maghreb Project) »(M&M). Les principaux objectifs du projet sont le développement et la diffusion d'innovations technologiques (déjà testées par la recherche) dans les systèmes d'exploitation basés sur l'élevage de petits ruminants des zones agropastorales arides et semi arides du Maghreb et Mashreq et le développement d'outil de modélisation afin d'analyser les blocages ou intérêts des alternatives technologiques par la prise en compte de l'ensemble du mode de fonctionnement des exploitations et des interactions entre le fonctionnement des exploitations et le milieu mais aussi entre les exploitations elles-mêmes. En effet, la plupart des systèmes d'exploitations des zones pastorales du Maghreb et Mashreq fonctionnent sur un double système d'alimentation : 1) la production de ressources alimentaires sur l'exploitation, notamment la production d'orge et 2) l'exploitation de parcours collectifs ou privatifs ou encore de terres étatiques avec un droit d'usage. Aujourd'hui le système de pâturage collectif tend à s'amenuiser pour au moins deux raisons : 1) la dégradation des espaces collectifs due au surpâturage et au défaut d'entretien, 2) la diminution de la transhumance due à un changement de mode de fonctionnement des exploitations. Toutefois dans les périodes critiques de sécheresse, les pâturages collectifs constituent toujours une forme de sécurité. La dégradation de ces ressources remet en cause cette sécurité au niveau de la communauté. En outre, dans les zones isolées, les échanges de travail, d'aliments produits entre exploitations conditionnent la survie de certains types d'exploitation comme une certaine forme de développement et de sécurité communautaire. Enfin, il est difficile d'étudier l'introduction et l'adoption partielle de certaines technologies sans prendre en compte les contraintes et le potentiel communautaire. La viabilité d'unités de production de blocs alimentaires, l'une des technologies promues par le projet, dépend de la demande potentielle au niveau de la

communauté et des besoins de chaque type d'exploitation.

Dans le cadre des nouvelles politiques agricoles de développement des deux régions (Mashreq et Maghreb), le projet M&M a mis l'accent sur l'élaboration de Plans de Développement Communautaire (PDC), qui pourraient devenir de véritables outils/instruments d'aide ou d'orientation des décideurs pour la « priorisation » des projets à promouvoir dans ces zones en fonction des attentes et des préférences des agents concernés et des objectifs de lutte contre la pauvreté et de développement durable. Ainsi dans sa deuxième phase, le projet M&M met l'accent sur le développement d'un outil de modélisation communautaire comme un instrument d'évaluation ou d'aide à la mise en place des PDC, qui accompagne étroitement le diagnostic de terrain en ajoutant une vision prospective.

Ainsi, la mise en place d'un outil de modélisation vise à la fois :

- 1) à comprendre le mode de fonctionnement des différents types d'exploitation en fonction des contraintes individuelles et communautaires,
- 2) analyser les blocages et intérêts de certaines innovations technologiques,
- 3) approcher, voire évaluer, les effets probables de changements technologiques ou de changements politiques sur la viabilité des différents systèmes d'exploitation à moyen et long terme et sur le développement communautaire,
- 4) tester et discuter à plus ou moins moyen terme l'intérêt et les conséquences des options/packages technologiques proposés dans le cadre des PDC.

I. Développement d'un modèle communautaire- Cadre conceptuel

I.1. Généralités

Il s'agit donc d'avoir une représentation relativement fine de la structure des exploitations, des comportements et des stratégies des acteurs, des relations entre unités de production, et un suivi minutieux et sur une longue période de l'impact des différentes politiques agricoles envisageables. Un tel objectif ne peut être résolu ni par des modèles d'équilibre général qui donnent des indicateurs au niveau des différents secteurs et de la croissance de l'activité, ni par des modèles individuels qui déterminent l'allocation optimale des ressources au niveau individuel sans tenir compte du potentiel humain et technique au niveau agrégé de la communauté.

Ainsi le modèle communautaire est une approche intermédiaire d'équilibre partiel. Cette approche, qui consiste à passer d'une échelle individuelle plus stricte à une autre plus agrégée, va nous permettre de comprendre l'équilibre des systèmes de production actuels, d'anticiper les adaptations futures face à des éventuels changements extérieurs, de visualiser

l'évolution de l'ensemble de la communauté au niveau de la région et enfin de mesurer les répercussions de ces changements sur l'emploi et l'environnement aussi bien à l'intérieur des diverses exploitations qu'au niveau régional.

Afin d'atteindre cet objectif, il est nécessaire de choisir la communauté comme (i) une entité composée de différents types d'exploitations, qui interagissent entre elles par le biais d'échange de facteurs de production, et (ii) un milieu agro-climatique relativement homogène. Ainsi la communauté présente une certaine hétérogénéité ou variabilité intercommunautaire qui se traduit par des complémentarités ou conflits internes expliquant un mode de fonctionnement global ou un certain équilibre de la communauté, induisant une certaine homogénéité extérieure.

Pour chaque exploitation, il s'agit de caractériser le comportement de chaque type de producteur et ceci on supposant que chacun cherche à maximiser (ou minimiser) une fonction, tout en satisfaisant une série de contraintes concernant la terre, la main d'œuvre, la consommation et les liquidités, ou encore les modes ou règles d'échange dans la communauté. La fonction correspond à un ou des objectifs du type d'exploitation considéré. On suppose généralement que les exploitations tentent d'accroître leur bien être une fois la reproduction de l'exploitation assurée. Ce bien être peut être approché par le revenu espérée, la consommation familiale ou l'épargne dans les sociétés isolées ou tout autre fonction rendant compte des attentes des exploitants.

La fonction objectif du modèle agrégé consiste à optimiser l'utilité privée régionale (utilité espérée globale) par agrégation de l'utilité espérée provenant de chaque type de producteurs tout en garantissant le respect des normes en vigueur pour l'analyse de ces derniers c'est-à-dire en gardant les contraintes individuelles et en incorporant les contraintes régionales. L'optimisation de cette fonction objectif se fait sur un horizon de planification multipériodique supérieur à un an et ceci en tenant compte de l'information disponible sur le futur et des liens techniques et financiers « obligatoires » qui existent entre les périodes. En effet, les éleveurs ne peuvent élaborer leur plan de renouvellement du cheptel sans considérer le devenir de leur exploitation à moyen ou long terme. Or le renouvellement implique des frais de logement, gardiennage, alimentation d'animaux qui ne seront productifs que dans deux ou trois ans. La prise en compte de la rentabilité de ces investissements nécessite le recours à une programmation dynamique.

On suppose que les exploitants décide leur plan de production cultural sur une année agricole (de sept. A sept.) bien que certaines contraintes, notamment la contrainte alimentation, peuvent impliquer des changements saisonniers, notamment la vente précoce d'animaux suite à une rupture de stocks fourragers. Ainsi, pour les données relatives à

l'alimentation des animaux, la gestion des prairies et la définition des catégories d'animaux, l'unité de raisonnement sera la saison.

I.2. Le modèle économique d'exploitation

Appliqué à chaque exploitation type, le modèle économique d'exploitation permet de reproduire les choix de production et les techniques adoptées compte tenu des disponibilités en facteurs de production. Son application vise essentiellement une modélisation de la conduite d'une exploitation sous l'hypothèse de rationalité de l'agriculteur et face aux différentes conditions techniques, socioéconomiques, financières et environnementales. Cet objectif ne peut être, néanmoins, atteint que par une identification et une hiérarchisation des facteurs et des déterminants qui affectent les choix des producteurs. Parmi ceux ci on peut citer :

- les activités qui s'offrent à l'agriculteur
- ses objectifs en terme de revenu, d'organisation du travail, de diversification, de protection des ressources naturelles et de l'environnement, etc.
- les ressources dont il dispose : main d'œuvre, foncier, capital technique, capital financier
- les contraintes agro-climatiques, bio-physiques, économiques, financières qui conditionnent les choix des pratiques et des itinéraires techniques
- l'environnement socio-économique dans lequel il évolue

II. Modèle d'exploitation de Sidi Frej

II.1 Les activités productives

Cette tâche consiste à spécifier les diverses activités productives possibles destinées à être inscrites dans la matrice du modèle. Pour cela, il est nécessaire de déterminer, d'un côté, les besoins en ressources, en intrants, en main-d'œuvre, en capital... de chaque activité, et de l'autre, les résultats obtenus pour chaque activité au niveau de la production (rendements, biomasse, résidus, etc.) en fonction de diverses techniques de gestion, d'intensité...

Par simplification, on considère dans un premier temps deux grand types d'activités au sein de l'exploitation, la production de viande ovine pour la commercialisation et la production de céréales pour l'autoconsommation (alimentation du ménage ou du troupeau) et la vente. Ces deux activités sont extrêmement liées puisque la production de céréales sert prioritairement à la production animale et donc les modes d'exploitation des terres sont liés aux objectifs propres à l'activité ovine. Cependant, les éleveurs tentent toujours de maximiser la production céréalière pour la commercialisation même si dans la zone les rendements restent relativement

faibles et aléatoires.

II.1.1 Les activités végétales

Dans la communauté de Sidi Frej, où l'arboriculture est encore peu développée, on peut distinguer deux grand types de cultures : 1) les cultures céréalières annuelles et 2) la cactus comme culture pérenne. Il n'existe pas à proprement parlé de rotation sur les terres mises en culture ; les choix entre blé tendre, blé dur ou orge répondent davantage aux décisions des exploitants en terme de développement de l'élevage, de commercialisation des céréales, d'assurance d'un stock de céréales pour l'autoconsommation familiale en fonction des rendements espérés. Ces rendements espérés sont fonction du type de sol dominant de l'exploitation mais aussi des conditions climatiques passées et à venir.

Dans la communauté, les exploitations se répartissent sur trois grands types de sols :

- Sol de type A (« Sola ») : sol gypso calcaire le plus pauvre
- Sol de type B (« Solb ») : sol légèrement pierreux qui donne des rendements moyens
- Sol de type C (« Solc ») : sol alluvionnaire riche en matière organique

Dans le cas de mauvaises années climatiques, les exploitants peuvent laisser leur sol en jachère. On distingue sept itinéraires techniques présentés dans le tableau 1 selon le type de semis (semis à la volée ou mécanisée), l'opération de désherbage, la réalisation d'un pseudo labour. Le choix de l'itinéraire est essentiellement fonction du type de sol.

Tableau 1 : Caractéristique des itinéraires techniques et types de sols concernés

Semis	désherbage	recroisement ou "pseudo labour"	Recouvrement	sol A	sol B	sol C
11Manuel	Non	Oui	Oui		oui*	
101Manuel	Oui	Non	Oui	oui	oui	
111Manuel	Oui	Oui	Oui		oui*	oui
1001Mécanique	Non	Non	Oui	oui*		oui
1011Mécanique	Non	Oui	Oui	oui	oui	
1101Mécanique	Oui	Non	Oui	oui	oui	oui
1111Mécanique	Oui	Oui	Oui	oui	oui	oui

Légende : * sauf blé tendre

L'orge grain est essentiellement réservé à l'alimentation animale alors que le grain de blé dur et de blé tendre peut être soit auto consommé soit vendu. En règle générale, le grain de blé dur est réservé à la consommation familiale alors que le grain de blé tendre est vendu aux minoterie. Mais les années médiocres, toute la production de grain peut rester sur l'exploitation. On suppose cependant qu'en règle générale le blé tendre est réservé aux minoteries alors que le blé dur est largement conservé et consommé sur l'exploitation. La consommation minimale de blé dur est estimée à 180 Kg par personne et par an en grain blé et

30 Kg en orge. La paille des céréales est généralement récoltée et mise en botte pour être utilisée comme apport de matière sèche aux ruminants tout le long de l'année. En été, une fois la récolte finie, les chaumes sur les parcelles sont pâturés par les animaux. Les années difficiles où le rendement grain est catastrophique, les exploitants laissent pâturés les animaux sans faire la moindre récolte.

Les autres parcelles de l'exploitation sont réservées au cactus de type Opuntia. Les fruits appelées « figue de Barbarie » sont récoltées dès la troisième année et ce tout le long de l'année. Les rendements fluctuent entre 30 et 40 quintaux par hectare selon le type de sol. Les raquettes sont utilisées comme complément de l'alimentation animale de l'automne au printemps, avec des rendements de 1 à 1,5 quintal par ha sur les sols les plus pauvres à 2-3 quintaux sur les sols les plus riches. Aujourd'hui ce type d'activité est encouragé par l'Etat dans les zones aux faibles rendements céréaliers. Dès lors les éleveurs bénéficient d'une incitation de près de 5000 DA/ha l'année d'implantation sur un coût total d'implantation de 16500 DA/ha. Lors de la mise en place, les exploitants réalisent une fumure de fonds de 3-4kg par plant, dont la majorité de la fumure est apportée par l'élevage et une plus faible part par l'achat de fumier. Les opérations techniques sont réduites à une demi journée d'entretien par hectare en automne (?) et en hiver (?) et un coût annuel de 600 DA par ha (qui comprend le coût de la main d'œuvre extérieure pour la récolte des fruits). Pour la récolte des fruits, il faut compter 6 journées par ha et 90% de la récolte est effectuée en été. Pour les raquettes, la récolte se répartit de l'automne au printemps à raison de 6 jours au total par hectare sur les trois saisons.

Le développement récent de l'Opuntia dans la zone ne permet pas aujourd'hui de connaître précisément la courbe de rendement des plants dans le temps. A dire d'expert, avec un bon niveau d'entretien, les plantations pourraient se maintenir plus de quinze ans en produisant des rendements similaires. Par contre sans entretien, on observe une lignification des plants et une réduction de la production de raquettes et de fruits. Pour l'instant on suppose que les exploitants n'arrachent par leurs plants avant 5 ans d'âge ; par contre au delà ils peuvent soit arracher et replanter soit arracher et convertir leur parcelle en céréales. On suppose une durée de vie des plantations de cactus de 15 ans. Si cette période est sous estimée dans le cadre de la modélisation par rapport à la réalité, l'allongement de la durée n'aurait pas d'impact sur les choix de décision de plantation ou d'arrachage les 5 premières années de l'horizon de planification compte tenu des conditions climatiques fortement aléatoires qui réduisent la durée de planification des éleveurs.

Dès lors on distingue deux grands types de parcelles sur l'exploitation : les surfaces cultivées ou laissées en jachère qui représentent les terres disponibles et les surfaces plantées en cactus

(CROIPSA). Le total des terres en superficie (terres cultivables et terres plantées) constitue les terres disponibles (DISPLAND). On distingue la superficie totale par type de sol :

- Le type de sol: edaph (sola, solb, solc)
- Et l'âge de la plantation pour le cactus : age (an1 à an15)

Chaque année, l'exploitant décide de l'allocation de ses terres entre les différentes cultures et technologies compte tenu de la disponibilité des terres, des possibilités de location en dehors de la communauté mais aussi des terres données ou prises en métayage à l'échelle de la communauté. Les locations hors de la communauté sont généralement limitées par un facteur de distance. Ainsi ont été estimées sur la base des données d'enquêtes le total des terres disponibles pour la location.

Ainsi,

$$\sum_{Cultures, techno} SUP_{Cultures, techno, edaph, ex} + \sum_{Cultures, techno} SUPASSOD_{Cultures, techno, edaph, ex} + SUPPREA_{op, technop, edaph, ex} < DISLAND_{edaph, ex} + \sum_{age} DEFOP_{op, technop, edaph, age, ex} - \sum_{age} CROIPSA_{op, technop, edaph, age, ex}$$

Avec :

Cultures : cultures annuelles (orge, blé tendre, blé dur, jachère)

Techno : itinéraire technique

Edaph : type de sol

Ex : type d'exploitation

Age : age des plantations de cactus

SUP : surface mise en culture annuelle

SUPPREA : surface plantée en Opuntia

SUPASSOD : Surface donnée en association à un pair (exploitation de la communauté)

DISLAND : Surface totale disponible

CROIPSA : parcelle plantée en Opuntia d'âge de 1 à 15 ans

DEFOP : surface de cactus convertie

La surface totale cultivée est la somme des surfaces en propriété cultivées, des surfaces prises en location et des surfaces louées à un tiers dans la communauté.

$$SUPTOT_{edaph, ex} = \sum_{Cultures, techno} SUP_{Cultures, techno, edaph, ex} + \sum_{Cultures, techno} SUPASSO_{Cultures, techno, edaph, ex} + SUPLOC_{Cultures, techno, edaph, ex}$$

avec :

SUPASSO : Surface pris en association à un pair (exploitation de la communauté)

SUPLOC : Surface louée dans ou hors la communauté

On suppose que le système de terre en association se pratique uniquement à l'échelle de la communauté et ne concerne pas les terres plantées en cactus. En outre les métayers ne peuvent cultiver que des céréales ou marginalement laisser la terre en jachère. Dans ce système voisin du métayage, les produits des cultures (grain, paille) sont partagés entre les deux parties ainsi que les coûts d'approvisionnement en intrants sur le marché (semences,

dés herbants) et les coûts de mécanisation. Le métayer prend en charge tous les travaux culturels ; les chaumes sont pâturés par le troupeau du propriétaire de la parcelle (est ce vrai ? qui fait pâturer les terres données en association : le métayer ou le propriétaire). Les plantations de cactus ne peuvent se réaliser que sur les terres en propriété.

Les paramètres et les coefficients technico-économiques retenus pour chacune de ces activités sont établis sur la base des résultats d'enquête dans la communauté et des travaux de terrain antérieurs (ITGC, HCDS). Les coefficients techniques et notamment les rendements sur l'Opuntia sont établis à partir des informations collectées durant l'enquête et complétées avec l'avis des experts et/ou chercheurs régionaux du HCDS.

II.1.2 Le système d'élevage

Le troupeau est essentiellement composé d'ovins et caprins, dont le principal produit est la viande pour la commercialisation. La laine de mouton est uniquement exploitée à des fins personnelles; et les exploitants traitent les chèvres essentiellement pour la couverture des besoins familiaux. La vente de lait de chèvre est exceptionnelle. Les revenus annuels issus de l'activité ovine doivent, en effet, assurer en priorité la couverture des dépenses minimales d'exploitation : reproduction de l'exploitation et besoin de consommation des ménages, mais aussi essayer de dégager un surplus. Ce surplus peut servir à accroître les capacités productives, épargner (compte tenu du taux de rémunération de l'épargne) ou consommer. L'augmentation et/ou l'amélioration des capacités productives peut se faire de plusieurs façons : accroître le cheptel, investir dans la mécanisation (stratégie d'accumulation ou de constitution d'un patrimoine), valoriser le capital existant par l'amélioration génétique, l'amélioration de la ration des animaux ou l'accroissement du nombre de traitements sur les cultures (stratégie de maximisation des plus-values à court terme ou de libération de temps), etc. Dans le modèle actuel, on suppose que l'amélioration des capacités productives passent par l'adoption des nouvelles technologies ou l'amélioration des itinéraires culturels.

Afin de prendre en compte les spécificités de cette activité dans notre modèle dont la dimension dynamique et réursive répond parfaitement à celles-ci, nous allons essayer de suivre l'évolution des effectifs animaux et le changement de leur régime alimentaire, année par année, tout en considérant l'année 2000 comme année de référence. Pour cela, les paramètres et les critères techniques régionaux de conduites d'élevage à retenir seront ceux de l'année considérée.

Tableau 2 : Paramètres zootechniques (en %)

	Taux de mortalité	Taux de prolificité	Taux de réforme	Répartition agnelage (en %)					
				Aut	Hiv	Prin	Ete		
Brebis	0.03	1	0.14		0.6		0.4		
Chèvre	0.03	1.2	0.15	0.4		0.6			
Bélier	0.03		0.14						
Bouc	0.03		0.14						
Agneau 3mois	0.15								
Agneau Aut 6 mois	0.12								
Agneau Prin 6 mois	0.15								
Agnelle Aut 6 mois	0.15								
Agnelle Prin 6 mois	0.15								
Antenais (e) 9mois	0.03								
Antenais(e) 12 mois	0.03								
Chevreau	0.05								
Chevrette	0.05								

Légende : Aut : Automne ; Hiv : hiver ; Prin : printemps ; ete :été

II.2 Formulation de la fonction objectif et prise en compte du risque

II.2.1 La fonction objectif sans risque

Dans un premier temps, on suppose que les éleveurs maximisent une fonction objectif proche du revenu net, auquel on ajoute la valeur de l'augmentation de la productivité numérique animale (augmentation du produit brut des animaux présents) et la variation des stocks de denrées alimentaires non vendus. Donc cette fonction tient compte du revenu dont une partie servira à la reproduction du système d'exploitation (y compris de la force de travail), une autre à l'augmentation de la trésorerie et à la consommation. Cette fonction est bien sûr contestable : les agriculteurs intègrent de nombreux facteurs sociaux dans leurs objectifs de production difficiles à prendre en compte. En outre si la productivité monétaire des animaux reproducteurs est nulle ; il serait souhaitable de prendre en compte le patrimoine cheptel dans la fonction objectif pour tenir compte du souci des éleveurs d'accroître leur capital, seul garant d'une amélioration de leur revenu les années futures mais aussi sorte d'épargne sur pieds.

A partir des anticipations sur les prix et les aides futures et des moyens de production disponibles, on suppose que l'éleveur choisit son système fourrager et animal sur l'année donnée Y_e dans l'objectif de maximiser son revenu. Les prix anticipés sont fonction de la variabilité des prix sur les années passées et sont une combinaison de prix sur les états de la nature. (% année bonne, normale, mauvaise : sur quelle période ont ils été estimés)

Maximiser :

$$Z_{ex, Y_e} = [REV_{ex, Y_e}]$$

Avec:

Z_{HP} : l'objectif à maximiser

REV_{ex, Y_e} : le revenu net espéré par an (REV_{PC, Y_e})

$$REV_{Ex, Y_e} =$$

$$\begin{aligned} & \sum_{Cultures, edaph, techno} [SUP_{cultures, edaph, techno, ex} * MBpf_{cultures, edaph, techno} \\ & + SUPLOC_{cultures, edaph, techno, ex} * MBpf_{cultures, edaph, techno} \\ & + SUPASSO_{cultures, edaph, techno, ex} * PBpf_{cultures, edaph, techno} / 2 - COUT_{cultures, techno} / 2 \\ & + SUPASSOD_{cultures, edaph, techno, ex} * PBpf_{cultures, edaph, techno} / 2 - COUT_{cultures, techno} / 2] \\ & - \sum_{Cultures, edaph, techno} SUPLOC_{cultures, edaph, techno, ex} * PRIXLOC_{edaph} \\ & + \sum_{Culturep, edaph, technop, age} SUPP_{culturep, edaph, technop, age, ex} * MBpA_{Culturep, edaph, technop, age} \text{ pour age } > 2 \text{ ans} \\ & + \sum_{Culturep, edaph, technop} SUPPREA_{culturep, edaph, technop, age, ex} * MBp_{Culturep, edaph, technop} \\ & + \sum_{Cultures, optechrec, edaph, techno} SUPASSO_{cultures, edaph, techno, ex} * COUTM_{Cultures, optechrec, edaph, techno} * 0,5 \\ & - \sum_{Cultures, optechrec, edaph, techno} SUPASSOD_{cultures, edaph, techno, ex} * COUTM_{Cultures, optechrec, edaph, techno} * 0,5 \\ & - \sum_{Cultures, optech, edaph, techno, period} TRANSACHA * SUPLOCA_{cultures, optech, edaph, techno, ex, period} \\ & \quad * COUTM_{Cultures, optech, edaph, techno} * CALENDRe_{optech, period} \\ & - \sum_{Cultures, optech, edaph, techno, period} SUPAUTO_{cultures, optech, edaph, techno, ex, period} * COUTV_{Cultures, optech, edaph, techno} \\ & \quad * CALENDRe_{optech, period} \\ & + \sum_{Cultures, optech, edaph, techno, period} TRANSVENT * SUPLOCO_{cultures, optech, edaph, techno, ex, period} \\ & \quad * COUTM_{Cultures, optech, edaph, techno} * CALENDRe_{optech, period} \\ & - Transacha * \sum_{period} TRAVSAL_{period, ex} * salaire_{period} \\ & + Transvent * \sum_{period} TRAVSALV_{period, ex} * salaire_{period} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \sum_{a \text{ lim entm, period}} \text{TRANSVENT} * \text{VENTP}_{\text{alimentm,ex,period}} * \text{prixpf}_{\text{alimentm}} \\
& + \sum_{a \text{ lim entc, period}} (\text{TRANSACHA} - \text{TRANSVENT}) * \text{CONSP}_{\text{alimentc,ex,period}} * \text{prixpf}_{\text{alimentc}} \\
& - \sum_{a \text{ lim entm, period}} \text{TRANSACHA} * \text{ACHATALf}_{\text{alimentm,ex,period}} * \text{prixpf}_{\text{alimentm}} \\
& - \sum_{a \text{ lim entc, period}} \text{TRANSACHA} * \text{ACHATC}_{\text{alimentc,ex,period}} * \text{prixpf}_{\text{alimentc}} \\
& + \sum_{a \text{ lim entm}} (\text{STOCK}_{\text{alimentm,ex,'ete'}} - \text{STOCKI}_{\text{alimentm,ex}}) * \text{PRIXf}_{\text{alimentm}} * 0,98 \\
& + \sum_{a \text{ lim entp, period}} \text{TRANSVENT} * \text{VENTANS}_{\text{alimentp,ex,period}} * \text{prixalins}_{\text{alimentp}} \\
& - \sum_{a \text{ lim entp, period}} \text{TRANSACHA} * \text{ACHATALNS}_{\text{alimentp,ex,period}} * \text{prixalins}_{\text{alimentp}} \\
& + \sum_{\text{typani, period}} \text{pba}_{\text{typani}} * \text{EFFECTIF}_{\text{typani,ex,period}} \quad (\text{attention}) \\
& - \sum_{\text{typani, period}} \text{vet}_{\text{period}} * \text{EFFECTIF}_{\text{typani,ex,period}} \\
& - \sum_{\text{typem}} \text{CHARGEFIX}_{\text{typem}} * \text{MACHINES}_{\text{typem,ex}} \\
& - \sum_{\text{credit, period}} \text{Tx}_{\text{credit}} * \text{EMPRUNT}_{\text{credit,ex}} \\
& > \text{REVENU}_{\text{ex}}
\end{aligned}$$

avec :

$\text{SUP}_{\text{cultures,edaph,techno,ex}}$: Surface cultivée en cultures annuelles (cultures), sur le sol (edaph), avec la technologie (techno), par l'exploitation type (ex)

$\text{SUPLOC}_{\text{cultures,edaph,techno,ex}}$: surface prise en location

$\text{SUPASSO}_{\text{cultures,edaph,techno,ex}}$: surface prise en métayage à un autre type d'exploitation de la communauté

$\text{SUPASSOD}_{\text{cultures,edaph,techno,ex}}$: surface donnée en métayage à un autre type d'exploitation de la communauté

$\text{SUPP}_{\text{culturep,edaph,technop,age,ex}}$: surface totale plantée en cultures pérennes d'un âge donnée (age)

$\text{SUPPREA}_{\text{culturep,edaph,technop,age,ex}}$: surface nouvellement plantée en cultures pérennes d'un âge donnée (age)

$\text{PB}_{\text{cultures,edaph,techno}}$: produit brut en grain et sous produits des cultures annuelles par ha

$\text{MB}_{\text{cultures,edaph,techno}}$: marge brute des cultures annuelles par ha y compris sous produits

$\text{COUT}_{\text{cultures,techno}}$: coût fertilisants+semences par ha

$\text{COUTV}_{\text{Cultures, optech,edaph,techno}}$: coût variable de mécanisation par ha (carburant)

$\text{COUTM}_{\text{Cultures, optechrec,edaph,techno}}$: coût de mécanisation par ha

$\text{PRIXLOC}_{\text{edaph}}$: prix location de la terre par ha

$\text{MBp}_{\text{Culturep, edaph,technop}}$: Marge brute du cactus (calculée sur la production de fruit)

$\text{MBpA}_{\text{Culturep, edaph,technop,age}}$: Marge brute espérée du cactus (calculée sur la production de fruit)

TRANSACHA : coût de transaction à l'achat

TRANSVENT : coût de transaction à la vente

$\text{CALENDR}_{\text{optech,period}}$: combinaison des opérations techniques de mécanisation par saison

SUPLOCA_{cultures,optech,edaph,techno,ex,period} : surface mécanisée avec du matériel loué
 SUPAUTO_{cultures,optech,edaph,techno,ex,period} : surface mécanisée avec son propre matériel
 SUPLOCO_{cultures,optech,edaph,techno,ex,period} : surface mécanisée à l'extérieur de l'exploitation
 TRAVSAL_{period,ex} : quantité de travail louée en jours
 TRAVSALV_{period,ex} : quantité de travail vendue à l'extérieur en jours
 salaire_{period} : salaire agricole par jour
 VENTP_{alimentm,ex,period} : quantité de produits agricoles vendue (grain, paille)
 prixpf_{alimentm} : prix des produits agricoles sur le marché
 CONSP_{alimentc,ex,period} : quantité de produits auto-consommés
 ACHATALF_{alimentm,ex,period} : quantité de produits agricoles achetés pour les animaux
 ACHATC_{alimentc,ex,period} : quantité de produits agricoles achetés pour le ménage
 STOCK_{alimentm,ex,'ete'} : stock d'aliments en fin d'année de simulation
 STOCKI_{alimentm,ex} : stock d'aliment initial (début automne)
 VENTANS_{alimentp,ex,period} : quantité de produits agricoles non stockables vendus
 ACHATALNS_{alimentp,ex,period} : quantité de produits agricoles non stockables achetés
 prixalins_{alimentp} : prix des produits agricoles non stockables
 pba_{typani} : produits bruts dégagés par animal (espèce, sexe, stade physiologique)
 EFFECTIF_{typani,ex,period} : effectif des animaux durant la période (espèce, sexe, stade physiologique)
 vet_{period} : frais vétérinaire par animal
 CHARGEFIX_{typem} : charge fixe sur le matériel agricoles
 MACHINES_{typem,ex} : dotation en matériel de mécanisation par exploitation
 Tx_{credit} : taux de crédit
 EMPRUNT_{credit,ex} : montant de l'emprunt de type informel ou bancaire

BILAN 1 (B1) : le bilan de la production végétale espérée

La production végétale comprend l'ensemble des produits des céréales qui seront soit auto consommés au niveau de la famille (CONSA), distribués aux animaux (CONSP), stockés (STOCK) ou vendus (VENTP) en fonction des prix sur le marché mais aussi des prix d'achat des aliments sur le marché que ce soit pour l'auto consommation familiale que pour l'alimentation du bétail. Le stockage des fourrages a bien sûr des coûts (perte nutritive, entretien du bâtiment de stockage) mais fournit une sécurité pour les saisons qui suivent et constitue un produit potentiel qui sera évalué au prix de vente. On suppose que les achats d'aliments ou fourrages peuvent être stockés ou vendus.

* Production végétale annuelle (Récolte en TMS)

$$\begin{aligned}
 B1a : ALIDSP_{alimentm,ex,period} = & \sum_{Cultures,edaph,techno} [SUP_{cultures,edaph,techno,ex} * E(RENDP_{cultures,alimentm,edaph,techno,period}) \\
 & + SUPLOC_{cultures,edaph,techno,ex} * E(RENDP_{cultures,alimentm,edaph,techno,period}) \\
 & + SUPASSO_{cultures,edaph,techno,ex} * E(RENDP_{cultures,alimentm,edaph,techno,period}) / 2 \\
 & + SUPASSOD_{cultures,edaph,techno,ex} * E(RENDP_{cultures,alimentm,edaph,techno,period}) / 2] \\
 & + ACHATALF_{alimentm,ex,period} \\
 = &
 \end{aligned}$$

$$\text{VENTP}_{\text{alimentm,ex,period}} + \text{CONSP}_{\text{alimentm,ex,period}} + \text{CONSA}_{\text{alimentm,ex,period}} + \Delta\text{STOCK}_{\text{alimentm,ex,period}}$$

* Production végétale non stockée (Récolte en TMS)

La production de biomasse non stockée couvre les jachères, les chaumes et les raquettes sur les plantations. On suppose que la production de chaumes provient des parcelles cultivées en propriété et des parcelles données en association. Pour les plantation de cactus, le stockage se fait sur pieds. Il n'est pas comptabilisé dans la fonction revenu.

$$\text{B1b : ALIDSPNS}_{\text{alimentm,ex,period}} =$$

$$\begin{aligned} & \sum_{\text{Cultures,edaph,techno}} [\text{SUP}_{\text{cultures,edaph,techno,ex}} * \text{CALPRO}_{\text{cultures,alimentp,edaph,techno,period}} \\ & \quad + \text{SUPLOC}_{\text{cultures,edaph,techno,ex}} * \text{CALPRO}_{\text{cultures,alimentp,edaph,techno,period}} \\ & \quad + \text{SUPASSOD}_{\text{cultures,edaph,techno,ex}} * \text{CALPRO}_{\text{cultures,alimentp,edaph,techno,period}}] \\ & + \sum_{\text{Culturep,edaph,technop,age}} \text{SUPP}_{\text{culturep,edaph,technop,age,ex}} * \text{CALPROP}_{\text{Culturep,alimentp,edaph,technop,period}} \\ & + \text{ACHATALNS}_{\text{alimentp,ex,period}} \\ & \geq \\ & \text{VENTALNS}_{\text{alimentp,ex,period}} + \text{CONSOMP}_{\text{alimentp,ex,period}} \end{aligned}$$

Avec :

$E(\text{RENDP}_{\text{cultures,alimem,edaph,techno,period}})$: espérance des rendements en TMS par activité sur les états de la nature

$$E(\text{RENDP}_{\text{cultures,alimem,edaph,techno,period}}) = \sum_N (\text{RENDP}_{\text{cultures,alimem,edaph,techno,period}}) * \text{PROB}_N$$

Trésorerie : la différence entre les recettes totales, provenant des ventes de produits et de service, et les charges directes (charges directes des cultures et/ou plantations pluriannuelles et d'élevage + service) représente le disponible numéraire ou la trésorerie.

Recettes totales : entrées monétaires

$$\text{CALCREC}_{\text{ex,period}} =$$

$$\begin{aligned} & \sum_{\text{alim entm,period}} \text{TRANSVENT} * \text{VENTP}_{\text{alimentm,ex,period}} * \text{prixpf}_{\text{alimentm}} \\ & + \sum_{\text{alim entp,period}} \text{TRANSVENT} * \text{VENTANS}_{\text{alimentp,ex,period}} * \text{prixalins}_{\text{alimentp}} \\ & + \sum_{\text{Culturep,edaph,technop,age}} \text{SUPP}_{\text{culturep,edaph,technop,age,ex}} * \text{PBp}_{\text{culturep,edaph,technop,age}} \\ & + \sum_{\text{typani}} \text{TRANSVENT} * \text{VENTEAN}_{\text{typani,ex,period}} * \text{prixan}_{\text{typani}} \\ & + \sum_{\text{Cultures,optech,edaph,techno}} \text{SUPLOCO}_{\text{cultures,optech,edaph,techno,ex,period}} * \text{COUTM}_{\text{Cultures,optech,edaph,techno}} * \text{CALENDR}_{\text{optech,period}} \\ & * \text{TRANVENT} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \sum_{Cultures, optechrec, edaph, techno} SUPASSO_{cultures, edaph, techno, ex} * COUTM_{Cultures, optechrec, edaph, techno} * 0,5 \\
& + TRANSVENT * \sum_{period} TRAVSALV_{period, ex} * salaire_{period}
\end{aligned}$$

Hypothèse : y a t il des coûts de transaction sur la vente de fruit de cactus

Dépenses:

$$CALCDEP_{ex, period} =$$

$$\begin{aligned}
& \sum_{Cultures, optech, edaph, techno, period} SUPLOCA_{cultures, optech, edaph, techno, ex, period} * COUTM_{Cultures, optech, edaph, techno} * CALENDR_{optech, period} \\
& * transacha \\
& + \sum_{Cultures, optech, edaph, techno, period} SUPAUTO_{cultures, optech, edaph, techno, ex, period} * COUTV_{Cultures, optech, edaph, techno} * CALENDR_{optech, period} \\
& + \sum_{Cultures, optechrec, edaph, techno} SUPASSOD_{cultures, edaph, techno, ex} * COUTM_{Cultures, optechrec, edaph, techno} * CALENDR_{optechrec, period} * 0,5 \\
& + \sum_{Cultures, edaph, techno} [SUP_{cultures, edaph, techno, ex} * COUT_{cultures, techno} \\
& + SUPLOC_{cultures, edaph, techno, ex} * COUT_{cultures, techno} \\
& + 0,5 * SUPASSO_{cultures, edaph, techno, ex} * COUT_{cultures, techno} \\
& + 0,5 * SUPASSOD_{cultures, edaph, techno, ex} * COUT_{cultures, techno}] \\
& + \sum_{Cultures, edaph, techno} SUPLOC_{cultures, edaph, techno, ex} * PRIXLOC_{edaph} \\
& + \sum_{Culturep, edaph, technop, age} SUPP_{culturep, edaph, technop, age, ex} * FRAISE_{Culturep, period} \\
& + \sum_{Culturep, edaph, technop} SUPPREA_{culturep, edaph, technop, age, ex} * FRAISI_{Culturep, edaph, period} \\
& + Transacha * \sum_{period} TRAVSAL_{period, ex} * salaire_{period} \\
& + \sum_{alimentm} TRANSACHA * ACHATALf_{alimentm, ex, period} * prixpf_{alimentm} \\
& + \sum_{alimentc} TRANSACHA * ACHATC_{alimentc, ex, period} * prixpf_{alimentc} \\
& + \sum_{alimentp} TRANSACHA * ACHATALNS_{alimentp, ex, period} * prixalins_{alimentp} \\
& + \sum_{typani} TRANSACHA * ACHATAN_{typani, ex, period} * prixan_{typani} \\
& + \sum_{typani} vet_{period} * EFFECTIF_{typani, ex, period} \\
& + \sum_{typem} ENTRETI_{typem} * MACHINES_{typem, ex}
\end{aligned}$$

$$Trésorerie : MD_{ex, period} = CALCREC_{ex, period} - CALCDEP_{ex, period}$$

Les ventes de services : le modèle optimise le nombre d'heures en main d'œuvre et en traction mécanisée (travail de sol et de récolte) qui peuvent être vendues à l'extérieur en cas de non-besoin au sein de l'exploitation. Ce nombre d'heures pondéré par le prix horaire respectivement de la main d'œuvre saisonnière et de la location du matériel donne le montant total de ces ventes (les prix horaires sont exogènes).

Les ventes de services :

$$\left(\sum_{\text{Cultures, optech, edaph, techno}} \text{SUPLOCO}_{\text{cultures, optech, edaph, techno, ex, period}} * \text{COUTM}_{\text{Cultures, optech, edaph, techno}} * \text{CALENDR}_{\text{optech, period}} \right) + \sum_{\text{period}} \text{TRAVSALV}_{\text{period, ex}} * \text{salaire}_{\text{period}} * \text{TRANSVENT}$$

Les intérêts reçus sur les placements : ce sont les revenus issus de l'épargne placée. Ils constituent une variable endogène qui est à optimiser par le modèle. Pour l'instant on ne tient pas compte des possibilités d'épargne. Faut-il en tenir compte ?

Les revenus fonciers : ces revenus proviennent des terres en propriété données en association à d'autres agents économiques. Ils dépendent du nombre d'hectares cédés optimisés par le modèle et de la forme du contrat, paramètre exogène.

On suppose que chaque année :

- 1) les producteurs peuvent remettre en cause les contrats d'association les années précédentes qu'ils soient oraux ou écrits.
- 2) Que les producteurs ne peuvent donner en location des terres

Les revenus fonciers =

$$\text{SUPASSOD}_{\text{cultures, edaph, techno, ex}} * \text{PBpf}_{\text{cultures, edaph, techno}} / 2 - \text{COUT}_{\text{cultures, techno}} / 2$$

Les coûts salariaux : Ils sont exprimés par période et dépendent du nombre d'heures de travail et de leur coût horaire. Les heures de travail saisonnier sont optimisées par le modèle compte tenu des disponibilités en main-d'œuvre permanente de l'exploitation (famille, pas de salariés permanents) et des besoins des activités. Ce nombre d'heures saisonnières pondéré par le prix horaire de la main d'œuvre saisonnière donne le montant des coûts salariaux saisonniers.

$$* \text{Les coûts salariaux} = + \text{TRANSACHA} * \sum_{\text{period}} \text{TRAVSAL}_{\text{period, ex}} * \text{salaire}_{\text{period}}$$

Les charges financières : On suppose deux types de crédit de court terme : le crédit bancaire et le crédit informel auprès des amis ou de la famille. Ces crédits sont généralement réalisés en début de campagne c'est-à-dire en Automne ; par contre les périodes de

remboursement différent. Pour le crédit bancaire, les producteurs peuvent rembourser au moment des récoltes, en été, alors que pour le crédit informel, les producteurs doivent rembourser dès la prochaine saison. Le taux d'intérêt annuel est de 5% pour le crédit bancaire. Les conditions d'accès au crédit bancaire sont soumises à la procédure du nantissement-hypothèque de la terre en propriété sur la base d'une valeur immobilière de la terre fonction de la nature des sols (25000 DA/ha dans la zone 1, 18750 en zone 2 et 12500 en zone 3). On suppose que l'accès au crédit informel est limité à 5% des crédits permis par la banque.

Pas de crédit de long terme

$$\text{Charges financières : } \sum_{\text{credit, period}} \text{Tx}_{\text{credit}} * \text{EMPRUNT}_{\text{credit, ex}}$$

Les charges fixes : il s'agit essentiellement des charges d'entretien et d'amortissement des plantations de cactus et du matériel de mécanisation investi dans l'exploitation. Ces charges n'interviennent pas dans le choix de la solution optimale de l'année en cours puisqu'elles sont exogènes, mais influencent les résultats futurs par le biais de la récursivité du montant de la trésorerie d'une année à l'autre.

$$\text{Les charges fixes} = \sum_{\text{typem}} \text{CHARGEFIX}_{\text{typem}} * \text{MACHINES}_{\text{typem, ex}}$$

Les achats de services : le modèle optimise les besoins en heures supplémentaires pour les opérations de travail de sol et les travaux de récolte. Ce nombre d'heures pondéré par le prix horaire de la location du matériel donne le montant total de ces achats.

* Les achats de services =

$$\sum_{\text{Cultures, optech, edaph, techno, period}} \text{SUPLOCA}_{\text{cultures, optech, edaph, techno, ex, period}} * \text{COUTM}_{\text{Cultures, optech, edaph, techno}} * \text{TRANSACHA} * \text{CALENDR}_{\text{optech, period}}$$

Le fermage : cette charge de structure correspond aux hectares supplémentaires que l'agriculteur désire mettre en culture pour optimiser son revenu, multipliés par le prix du fermage.

$$\text{* Le fermage} = \sum_{\text{Cultures, edaph, techno}} \text{SUPLOC}_{\text{cultures, edaph, techno, ex}} * \text{PRIXLOC}_{\text{edaph}}$$

II.2.2 La fonction objectif avec risque

Le risque ou l'incertitude joue un rôle capital dans la prise de décision du producteur, il modifie profondément le comportement du sujet économique. Comme l'indiquent Hazell et Norton (1986), « ignorer le comportement d'aversion au risque dans les modèles d'exploitations amène souvent à des résultats qui sont inacceptables pour l'exploitant ou qui ont très peu de relations avec les décisions que (le producteur) prendra ».

En agriculture, le risque est omniprésent : risque climatique, risque technique et risque économique se combinent ou se juxtaposent et expliquent bien souvent les écarts entre décision optimale et décision réelle. Plusieurs modèles de risque ont été développés : *Safety first*, Target MOTAD, stochastique discret, espérance – variance, espérance - écart type, MOTAD (voir Hazell et Norton, 1986), pour approcher les décisions des producteurs en situation de risque.

Dans un premier temps, nous avons retenu la méthode classique Target Motad, formulée par Tauer (1983), qui a l'avantage d'être simple d'utilisation et qui donne des solutions dominantes au premier et second degré de stochasticité. Cette méthode dont la formalisation mathématique a l'avantage de maintenir la linéarité, suppose que l'agriculteur maximise son revenu espéré sous contrainte de ne pas dépasser un maximum de déviations par rapport à l'objectif de revenu Z_0 , qu'il définit à l'avance (qui peut être le revenu minimum de survie ou le revenu seuil que se fixe le producteur pour éviter toute catastrophe). Elle consiste donc à maximiser non plus la somme de revenu espéré et de capital mais plutôt une fonction d'utilité espérée U_{HP} qui est définie comme une combinaison linéaire du risque, du revenu net espéré et du capital.

$$\mathbf{Max : } U_{HP} = \left[\sum_{n=1}^{nf=5} \frac{\overline{Z_n} - \phi \lambda_n}{(1 + \tau)^{n-1}} \right] + \left[\frac{K_{nf}}{(1 + \tau)^{nf-1}} \right] \quad n \in [1 \dots 5] : \text{années}$$

Avec:

λ_n : la somme des écarts négatifs ;

ϕ : coefficient d'aversion au risque ;

U_{HP} : utilité espérée par horizon de planification.

Le coefficient d'aversion au risque (ϕ) peut s'interpréter comme le taux de substitution ou d'arbitrage entre revenu espéré et la somme des écarts négatifs (λ_n). Il varie selon l'attitude des agriculteurs : il est plus fort en cas d'aversion pour le risque et moins fort en cas d'une attitude plus « preneuse » de risque. Il est généralement calibré l'année de base et reste

inchangé au cours des simulations.

Le niveau de risque (λ_n), qui est calculé d'une façon endogène, correspond à la somme sur les différents états de la nature v (conditions climatiques, niveaux des primes et des prix) des écarts négatifs à l'objectif de revenu Z_0 fixé par les producteurs :

$$Z_0 - \bar{Z}_n - Z_{n,v}^- \leq 0$$

$$\lambda_n = \sum_v P_v Z_{n,v}^-$$

Avec:

- $Z_{n,v}^-$: l'écart négatif à l'objectif de revenu Z_0 du scénario v
- Z_0 : l'objectif de revenu que se fixe l'agriculteur
- v : scénario aléatoire (dans notre modèle défini par la variabilité des rendements des cultures et d'anticipations sur la variabilité des prix et des primes)
- P_v : la probabilité d'occurrence du scénario v
- λ_n : la somme des écarts négatifs

Ainsi on définit dans le modèle de Sidi Frej trois états de la nature qui correspondent à trois grands types d'années climatiques (bonne, moyenne et mauvaise) avec une probabilité d'occurrence de chaque état de nature, estimée selon les observations climatiques des 10 dernières années. Pour chaque état de la nature, est calculé le revenu espérée, nommé $REVENU_{o_{ex,etatn}}$ où $etatn$ représente les états de la nature. Les états de la nature font varier les rendements sur les cultures, les prix de vente des aliments et les prix d'achat et de vente des animaux ainsi que la valeur des stocks. Les années mauvaises, les prix sur l'orge peuvent doubler à la différence des prix sur le blé qui connaissent une augmentation de 25% pour le blé dur et rien pour le blé tendre. Par contre les rendements subissent une baisse de plus de 60% pour toutes les cultures par rapport à une année moyenne. A l'opposé, les prix des animaux diminuent de 40 à 50% en année mauvaise par rapport à une bonne année.

On suppose que les producteurs décident leur plan de production de façon à ne pas descendre en dessous d'un revenu seuil, appelé aussi revenu minimum, qui pourrait mettre en péril la reproductibilité de l'exploitation. On écrit :

$$REVENU_{o_{ex,etatn}} + ECART_{ex,etatn} > TARGET_{ex} \text{ avec } TARGET_{ex} : \text{revenu minimum}$$

$$\text{Et } \sum_{etatn} [ECART_{ex,etatn} * PROBA_{etatn}] < LAMBDA_{ex} * TARGET_{ex}$$

Avec : $LAMBDA_{ex}$: attitude vis à vis du risque

Ainsi on suppose que la principale source de variabilité est liée au climat et que les producteurs modèrent ou ajustent leur décision en fonction de cette variabilité.

II.3 Formulation des contraintes de multipériodicité

Le terme multipériodique signifie qu'on définit une situation initiale de référence et on choisit des plans de production pour les périodes à venir, en tenant compte de toute l'information disponible sur le futur, à savoir les anticipations sur les prix, les subventions, les rendements, etc. Le critère de choix de la longueur de l'horizon de planification, qui est de cinq années, est lié ici au type de production dont le processus s'étale dans le temps.

La formulation de ces types de contraintes de programmation consiste à écrire toutes les relations qui limitent le choix des valeurs possibles des variables de décision. Cette formulation traduit la concurrence qui existe entre plusieurs activités ou variables pour l'emploi d'une ressource limitée ainsi que l'influence du choix d'un certain plan de production d'une année sur l'année qui suit.

II.3.1 Contraintes liées aux facteurs de production

A. Facteur terre : contrainte occupation du sol

Avec cette contrainte, notre objectif est de limiter, pour chaque période, la somme des superficies consacrées aux différentes activités de production à une superficie inférieure ou égale à la disponibilité en terre labourable. Les terres labourables sont formées par les terres libres et les terres défrichées, qui étaient la saison précédente occupées par des pieds de cactus de plus de 5 ans d'âge. Aux terres en propriété, on rajoute les terres prises en fermage (location) et les terres prises en association à un tiers au niveau de la communauté.

Les terres en plantation sont les terres plantées l'année précédente, moins les terres reconverties en culture, plus les terres nouvellement plantées en cactus.

On suppose que toutes les décisions de plantation ou d'arrachage sur les plantations de cactus se prennent en Automne au moment des choix de culture sur les terres labourables. Et les décisions d'arrachage ne se font que sur les plantations de plus de 5 ans d'âge.

B. Facteur travail : contrainte de main-d'œuvre

Du fait du caractère saisonnier de l'activité agricole, cette contrainte doit s'écrire non seulement pour chaque type de travail, mais aussi pour chaque période de l'année susceptible de devenir un goulot d'étranglement pour l'utilisation de ce facteur. Ceci entraîne de nombreuses conséquences pour l'évaluation du coût d'opportunité des inputs agricoles (Boussard J.M., 1987). Le manque de main-d'œuvre permanente, d'une part, et l'existence d'un caractère saisonnier des activités agricoles, d'autre part, conduisent les agriculteurs à recruter de la main-d'œuvre occasionnelle pour accomplir certains travaux.

Pour formuler cette contrainte, nous avons supposé que, pour chaque période, la somme des besoins en main-d'œuvre de chaque activité ne devrait pas dépasser les ressources en main-d'œuvre disponibles pendant cette période aidée par des employés saisonniers si besoin et ôtées des ressources en main d'œuvre cédées à l'extérieur.

En effet, la main d'œuvre familiale, au sein d'une exploitation agricole, peut être utilisée de deux manières différentes : soit pour réaliser les travaux agricoles au sein de cette exploitation et sa rétribution est comprise dans le bénéfice global de l'exploitation, soit pour travailler hors de l'exploitation, en cas de non besoin pour cette dernière et dans la limite de la demande extérieure. Le travail extérieur est limité au travail agricole dans les autres exploitations de la communauté. On suppose qu'il n'existe pas d'émigration du travail ou encore d'exode rural.

$$\begin{aligned}
 & \sum_{Cultures, edaph, techno} [SUP_{cultures, edaph, techno, ex} * BESTRA_{techno, period} \\
 & + SUPLOC_{cultures, edaph, techno, ex} * BESTRA_{techno, period} \\
 & + SUPASSO_{cultures, edaph, techno, ex} * BESTRA_{techno, period}] \\
 & + \sum_{Culturep, edaph, technop, age} SUPP_{culturep, edaph, technop, age, ex} * BESTRA_{technop, period} \\
 & + travel \\
 & + TRAVMA_{ex, period} \\
 & < TRAVAIU_{ex, period}
 \end{aligned}$$

avec :

TRAVMA : besoin de travail en jour pour la mécanisation

Travel : jour nécessaire pour une saison quelque soit la taille du troupeau

BESTRA : besoin de travail en jour par période pour chaque technique et par hectare

TRAVMA s'écrit :

$$\text{TRAVMA}_{\text{ex,period}} = \left[\sum_{\text{Cultures, optech, edaph, techno, period}} \text{SUPLOCO}_{\text{cultures, optech, edaph, techno, ex, period}} + \text{SUPAUTO}_{\text{cultures, optech, edaph, techno, ex, period}} \right] * \text{DUREM}_{\text{optech, techno, typem}} * \text{CALENDR}_{\text{optech, period}} * \text{DRIVER}_{\text{typem}} / 8$$

On suppose que les producteurs ne vendent leur travail qu'une fois les besoins de travail sur l'exploitation couverts.

C. Facteur capital : contrainte de traction mécanique

Au même titre que les besoins en main-d'œuvre, la somme des besoins en heures de traction pour chaque activité et par période doit être inférieure ou égale au nombre d'heures de traction disponible pour chaque période majorée (si besoin) par des heures de traction louées à une exploitation ou entreprise extérieure et ôtées des heures de traction cédées.

$$\begin{aligned} (1) \quad & \sum_{\text{Cultures, optech, edaph, techno, period}} \text{SUPLOCA}_{\text{cultures, optech, edaph, techno, ex, period}} * \text{CALENDR}_{\text{optech, period}} \\ & + \sum_{\text{Cultures, optech, edaph, techno, period}} \text{SUPAUTO}_{\text{cultures, optech, edaph, techno, ex, period}} * \text{CALENDR}_{\text{optech, period}} \\ & - \text{SUP}_{\text{cultures, edaph, techno, ex}} * \text{CALENDR}_{\text{optech, period}} \\ & - \text{SUPLOC}_{\text{cultures, edaph, techno, ex}} * \text{CALENDR}_{\text{optech, period}} \\ & - \text{SUPASSO}_{\text{cultures, edaph, techno, ex}} * \text{CALENDR}_{\text{optech, period}} \\ & < 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (2) \quad & \left[\sum_{\text{Cultures, optech, edaph, techno, period}} \text{SUPLOCO}_{\text{cultures, optech, edaph, techno, ex, period}} + \text{SUPAUTO}_{\text{cultures, optech, edaph, techno, ex, period}} \right] * \\ & \text{DUREM}_{\text{optech, techno, typem}} * \text{CALENDR}_{\text{optech, period}} < \text{CAPACITE}_{\text{typem, ex, period}} \end{aligned}$$

On suppose que les producteurs ne peuvent pas augmenter leur capacité de mécanisation par l'acquisition.

II.3.2 Contraintes relatives à l'élevage

Les principales contraintes relatives à l'élevage sont la dynamique du troupeau et la couverture des besoins nutritionnels en énergie, protéine et matière sèche. Dans la

communauté étudiée, la plupart des troupeaux sont maintenus dans un enclos à l'air libre la nuit. Le jour ils sont conduits sur les aires de pâturage. Dès lors il n'existe pas de bâtiments à proprement parlé.

A. Contrainte alimentation

Les choix décisionnels des éleveurs relatifs à l'affouragement comme à la complémentation sont un facteur important des résultats économiques de l'activité d'élevage qui constituent le principal revenu des exploitations de la communauté. C'est souvent par la maîtrise des coûts d'affouragement que les exploitants sont mieux à même de résister à des années catastrophiques.

Les enquêtes conduites lors de la première phase du projet Maghreb & Mashreq permettent d'établir un calendrier des rations alimentaires par saison tel que pratiqué par les éleveurs. Cependant l'introduction d'innovation technologique que ce soit les blocs alimentaires ou de nouvelles variétés de céréales par exemple peuvent changer les rapports entre grains, paille et concentrés dans les rations alimentaires pour toutes les saisons compte tenu des possibilités de stockage et du rapport des prix. Dès lors il est difficile de fixer un calendrier par saison si l'on veut approcher les changements relatifs à l'introduction d'une innovation sur les modes d'alimentation.

Dès lors une seconde option a été choisie : la satisfaction des besoins minimum en matière azotée et en énergie, compte tenu d'une contrainte d'encombrement exprimée par le niveau de matière sèche. Ainsi chaque saison, les éleveurs choisissent leur ration alimentation sous contrainte de couvrir les besoins minima en MAD (matière azotée digestible) et UF (unité fourragère). Ce qui s'écrit :

(1)

$$\begin{aligned} & \text{BMAD}_{\text{typani,period}} * \text{EFFECTIF}_{\text{typani,ex,period}} \\ & < \sum_{\text{alimentm}} \text{CONSOM}_{\text{m,alimentm,typani,ex,period}} * \text{MADM}_{\text{alimentm}} * 100 \\ & + \sum_{\text{alimentp}} \text{CONSOM}_{\text{p,alimentp,typani,ex,period}} * \text{MADp}_{\text{alimentp}} * 100 \\ & + \sum_{\text{par}} \text{PRELEV}_{\text{par,typani,ex,period}} * \text{MADa}_{\text{par}} * \text{DROIT}_{\text{par,ex}} \end{aligned}$$

avec :

- BMAD : besoin en MAD par animal et stade physiologique et par saison en gr.
- CONSOM_m : consommation en aliments stockable en QT
- CONSOM_p : consommation en aliments non stockable en Qt
- PRELEV : prélèvement sur les pâture en kg
- DROIT : droit de prélèvement par les éleveurs en fonction du type de pâture

- MADm, MADp, MADa : apport de MAD par aliments stockables, non stockables ou pâturés exprimé en gramme par kg de matière sèche

(2)

$$\begin{aligned} & \text{BENERGIE}_{\text{typani,period}} * \text{EFFECTIF}_{\text{typani,ex,period}} \\ & < \sum_{\text{alimentm}} \text{CONSOMm}_{\text{alimentm,typani,ex,period}} * \text{ENm}_{\text{alimentm}} * 100 \\ & + \sum_{\text{alimentp}} \text{CONSOMp}_{\text{alimentp,typani,ex,period}} * \text{ENp}_{\text{alimentp}} * 100 \\ & + \sum_{\text{par}} \text{PRELEV}_{\text{par,typani,ex,period}} * \text{UFP}_{\text{par}} * \text{DROIT}_{\text{par,ex}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BENERGIE}_{\text{typani,period}} * \text{EFFECTIF}_{\text{typani,ex,period}} \\ & > 0.7 * [\sum_{\text{alimentm}} \text{CONSOMm}_{\text{alimentm,typani,ex,period}} * \text{ENm}_{\text{alimentm}} * 100 \\ & + \sum_{\text{alimentp}} \text{CONSOMp}_{\text{alimentp,typani,ex,period}} * \text{ENp}_{\text{alimentp}} * 100 \\ & + \sum_{\text{par}} \text{PRELEV}_{\text{par,typani,ex,period}} * \text{UFP}_{\text{par}} * \text{DROIT}_{\text{par,ex}}] \end{aligned}$$

avec

- BENERGIE : besoin en UF par animal et stade physiologique et par saison
- ENm, ENp, UFPa : apport en UF par aliments stockables, non stockables ou pâturés exprimé en UF par kg de matière sèche

On suppose que la teneur en matière sèche soit inférieure aux recommandations et supérieur à au moins 70% des recommandations.

(3)

$$\begin{aligned} & \text{BMS}_{\text{typani,period}} * \text{EFFECTIF}_{\text{typani,ex,period}} \\ & > \sum_{\text{alimentm}} \text{CONSOMm}_{\text{alimentm,typani,ex,period}} * \text{MSm}_{\text{alimentm}} * 100 \\ & + \sum_{\text{alimentp}} \text{CONSOMp}_{\text{alimentp,typani,ex,period}} * \text{MSp}_{\text{alimentp}} * 100 \\ & + \sum_{\text{par}} \text{PRELEV}_{\text{par,typani,ex,period}} * \text{DROIT}_{\text{par,ex}} \end{aligned}$$

avec

- BMS : besoin en matière sèche par animal et stade physiologique et par saison
- MSm, MSp : apport en Matière Sèche par aliment stockable, non stockable ou pâturé exprimé en kg de matière sèche

Les apports en MAD, UF et teneur en matière sèche des aliments ainsi que les besoins minima en MAD et UF ou maximum en matière sèche sont évalués à partir des tables nutritives existantes dans le pays (source).

La somme des besoins en unités énergétiques (UF) et protéiques (MAD) de chaque catégorie d'animaux par période doit être inférieure ou égale au nombre d'unités nutritives disponibles par période (intra consommation + achats extérieurs). On ne tient pas compte de la couverture des besoins vitaminiques compte tenu de la priorité des éleveurs donnée à la couverture énergétique dans un contexte fortement incertain.

Ainsi cette formulation permet de chercher l'adéquation permanente entre les besoins des animaux et les ressources alimentaires disponibles et permet d'approcher la détermination des modes d'alimentation des animaux par saison.

Les premières résultats sur la Communauté de Sidi Frej montre l'intérêt d'une ration uniquement à base de son compte tenu de son prix et de son apport en MAD. Seulement il existe des contraintes d'encombrement qui fait que les exploitants ne peuvent donner que du son sans compter les contraintes de marché. De plus dans la réalité l'objectif des éleveurs est d'être au maximum auto suffisant. Dès lors on suppose que la ration journalière en son des animaux est inférieure à 300 gr. Par jour et que les apports en orge grain sont compris entre 200 et 350 gr/jour/animal en automne et hiver et inférieur à 350 gr. Tous le reste de l'année. En outre 40% des besoins en matière sèche sont couverts par la paille. Ces contraintes visent à se rapprocher des conduites d'alimentation des animaux dans la communauté.

B. Contrainte de renouvellement et dynamique du troupeau

Les effectifs se raisonnent période par période, ce qui permet de suivre très précisément leur évolution en fonction des naissances, des ventes et des changements de catégories. Cependant, vu la multiplicité des équations expliquant l'évolution des effectifs pour chacune des catégories d'animaux, nous avons préféré synthétiser la dynamique sous forme graphique, sachant qu'on détaille toutes les équations dans le programme GAMS dans la partie des annexes.

(1) Contrainte de reproduction

On suppose que le nombre de femelles reproductrices que ce soit pour le troupeau ovin ou caprin est supérieur au nombre de males fois le taux de nombre de male pour le nombre de femelles. Ceci peut paraître contradictoire avec les modèles classiques où l'on suppose un nombre minimum de males pour assurer la reproduction. Expliquer

(2) Contrainte de réforme

On suppose que chaque saison, les éleveurs vendent une partie des reproducteurs pour assurer le renouvellement de leur troupeau. (attention taux de réforme annuel)

(3) Contrainte de renouvellement

On suppose que les producteurs conservent des antenaises ou en achètent pour assurer au moins 80% de la vente des reproductrices.

(4) Dynamique du troupeau

- **Pour les animaux adultes**

Les effectifs d'animaux adultes (males ou femelles) par période sont égaux aux animaux de la période précédente moins les animaux morts (taux de mortalité), les animaux réformés et les adultes vendus. L'augmentation du troupeau adulte se fait par les jeunes animaux de remplacement ou par l'achat d'antenais(es) ou chevreaux (chevrettes).

- **Pour les animaux de 6 mois à 12 mois**

L'effectif des animaux de 6 mois, 9 mois et 12 mois sont égaux aux effectifs des animaux respectivement de 3 mois, 6 mois et 9 mois la saison d'avant, diminués du taux de mortalité et des ventes de fin de la période précédente, plus les achats des animaux durant la saison. En d'autres termes, les achats pour chaque catégorie d'animaux sont réalisés en début de période alors que les ventes sont réalisées en fin de période et les recettes sont comptées dans la saison qui suit.

- **Pour les animaux de 3 mois**

Les animaux de 3 mois sont exclusivement constitués des animaux nés sur l'exploitation. On suppose qu'il n'existe pas d'achat ou de vente d'animaux de moins de 6 mois.

Compte tenu du calendrier des mises bas dans la communauté de Sidi Frej, et notamment des pics d'agnelage en automne (60% des agnelages) et printemps (40% des agnelages), on distingue la dynamique des jeunes dits « printemps » (qui seront des agneaux de 3 mois en été) et la dynamique des jeunes dits « automne » (qui seront des agneaux de 3 mois en hiver).

En d'autre terme, un agneau de 3 mois en hiver par exemple est un agneau qui aura entre 3 mois et 6 mois durant l'hiver.

Tableau : dynamique des animaux nés en Automne

Automne	Hiver	Printemps	Eté
	Agneau(elle)3A		
		Agneau(elle)6A	
			Antenais(e)9A
Antenais(e)12A			
	Male(Brebis)		

Tableau : dynamique des animaux nés au Printemps

Automne	Hiver	Printemps	Eté
			Agneau(elle)3P
Agneau(elle)6P			
	Antenais(e)9P		
		Antenais(e)12P	
			Male(Brebis)

II.3.3 Les contraintes emprunts

Le modèle offre la possibilité de réaliser des emprunts à court terme. Une première contrainte suppose que la banque fixe un montant maximum annuel d'engagement que l'exploitant ne peut dépasser. Le remboursement des emprunts à court terme doit se faire au moment des récoltes c'est-à-dire en été.

Il n'existe pour le moment pas de contrainte liée à l'utilisation des emprunts : Ceux ci peuvent servir aussi bien à financer les besoins pour l'activité agricole que couvrir les besoins familiaux.

I.3.4 Contrainte trésorerie

La contrainte de trésorerie présente une spécificité particulière qui se manifeste par la présence de deux types de trésoreries : une trésorerie de la période et une trésorerie de début de l'année.

Le solde de trésorerie de la période précédente, majoré des rentrées monétaires de la période et diminué des déboursements périodiques, donne l'état de la trésorerie de la période en cours.

Solde de trésorerie de la période	
Dépenses périodiques : charges directes, charges fixes, location de terre, location de matériel, intérêts payés, remboursements emprunts.	Solde de trésorerie de la période précédente
Solde de trésorerie périodique	Recettes périodiques : ventes, location de terre, location de matériel, emprunts périodiques, intérêts perçus et revenus extérieurs

La trésorerie du début de l'année correspond à la trésorerie de la fin de l'année précédente, diminuée des annuités de remboursement des emprunts restants. Pour l'instant on ne tient pas compte de l'épargne.

I.3.3 Contrainte liée à l'autoconsommation

On suppose que les besoins familiaux en grains de céréales sont couverts par la production de l'exploitation et les achats extérieurs.

$$CONSP(alimentc, FARTYP, period) + ACHATC(alimentc, FARTYP, period)$$

>

$$Npers(fartyp) * besgr(alimentc) / 100;$$

II.4 Equations de réinitialisation de l'horizon de planification

Afin de donner plus de flexibilité à notre modèle et de lui permettre de représenter assez fidèlement la réalité, nous avons pensé à le réinitialiser chaque début d'année et ceci en considérant que les résultats de l'année précédente sont les données de départ de la nouvelle année de simulation et ce sur un horizon de 5 ans. Ceci correspond assez bien au mode de fonctionnement des exploitations en année difficile où les exploitants gèrent au maximum leur système afin de boucler l'année. Par contre une bonne année, les exploitants peuvent chercher à augmenter leur capacité de production (capitalisation en effectif d'animaux ou mécanisation) pour accroître leur revenu les années qui suivent ou aussi reconstituer leur troupeau pour faire face à 3 ou 4 mauvaises années qui peuvent subvenir.

Conclusion :

Ainsi vient d'être décrit le modèle de fonctionnement d'une exploitation. On suppose que les producteurs compte tenu de la disponibilité en capital (terre ou animaux), travail et financier choisissent leur plan de production pour satisfaire une fonction de revenu sous des contraintes agronomiques, zootechniques, financières (possibilité d'accès au crédit), mais aussi de risque et ce compte tenu des prix espérés sur les produits et les intrants.

Cependant il existe des contraintes communautaires, notamment en matière de prélèvement sur les pâturages collectifs comme de disponibilité en travail ou terre au niveau de la communauté. Ces contraintes exigent la prise en compte des modes de régulation de certains facteurs à l'échelle de la communauté.

III. Le modèle communautaire Sidi Frej

III.1. Pourquoi un modèle communautaire

Le modèle d'exploitation tel qu'il est présenté ci dessus permet difficilement de comprendre les décisions des producteurs si l'on ne tient pas compte des imperfections du marché de location des terres, du marché du travail agricole au niveau régional, de l'accès conditionné, limité à certains intrants, etc. En effet, dans des régions isolées, la main d'œuvre agricole peut faire défaut durant les saisons ou périodes de travaux agricoles en raison du faible coût salarial, de la faible immigration dans la zone par rapport à des zones très fertiles. La location de terre est forcément contrainte par les donations en location. Il est rare que les exploitants veuillent acheter ou louer des terres au delà d'un périmètre compte tenu des coûts de transport et parfois d'organisation que demande un trop grand éloignement. Ce cadre est particulièrement vrai pour des zones isolées ou confrontées à une forte variabilité des rendements et donc des revenus. Incertitude et isolement expliquerait une plus grande gestion des facteurs au niveau de la communauté : réduction des coûts, possibilité d'entente. Ceci explique une certaine déconnexion par rapport aux coûts et prix sur les marchés nationaux ou voire régionaux pour certains biens ou une moins forte flexibilité.

Dans ce cadre on rejoint bien la définition d'un modèle sectoriel où se confrontent l'offre et demande pour certains facteurs, comme le travail ou la terre. De même en matière d'approvisionnement en son, les producteurs peuvent être confronter à une pénurie régionale de son ou à un coût trop élevé dans la zone. Il existe bien des distorsions régionales. Par contre, pour les produits, les producteurs n'hésitent pas à louer un pick up ou un taxi, seul ou à plusieurs, pour vendre leur produit sur le marché au meilleur prix. Ces éléments conduisent à une étude fine et spatialisée des conditions d'offre et demande pour chaque type d'intrants et de produits. On ne peut parler à proprement parler d'échange communautaire dans le sens où ces échanges n'impliquent pas forcément et uniquement les personnes de la communauté. Par contre dans les cas extrême, la seule main d'œuvre agricole disponible peut être au niveau communautaire.

En outre, l'accès à des ressources collectives comme le pâturage est généralement régulé, contrôlé ou du moins contraint au niveau du village par un ensemble de règles implicites ou explicites entre producteurs, et parfois entre producteurs et institutions étatiques ou collectives, chargées de l'entretien ou du moins de l'accès à ce bien. On a bien affaire à un bien régulé au niveau communautaire même si des agents extérieurs, administratifs ou ONG, peuvent participer à l'établissement des modes d'accès ou du moins influencer les modes de régulation communautaire. Ici la disponibilité des ressources pâturées pour une exploitation

va dépendre à la fois des règles implicites ou explicites et du respect de ces règles par l'ensemble des usagers. C'est de leur interaction que va s'établir les prélèvements effectifs. Difficile de parler d'équilibre dans le sens où le moindre écart aux règles, chose fréquente, peut entraîner des déséquilibres à la fois sociaux, économiques et environnementaux.

Ainsi ces interactions entre offre et demande vont influencer les coûts d'accès aux intrants, la quantité disponible par exploitation mais aussi le coût d'opportunité des facteurs fixes comme la terre ou facteurs vivants comme les animaux reproducteurs. A titre d'exemple, l'augmentation de la population dans la communauté peut entraîner une diminution du disponible pâturé dans un système de libre accès, et donc d'une augmentation du coût alimentaire des animaux (pour suppléer à la baisse du disponible communautaire au niveau des parcours) avec une baisse de rentabilité de l'élevage, mais aussi entraîner une augmentation de prix de la rente foncière devenu principal pourvoyeur de fourrage et donc une reconversion des terres en jachère en terre cultivée. Dans un contexte de forte pénurie d'eau, on assistera plutôt à une augmentation des prix des concentrés ou une diminution de la disponibilité, conduisant parfois à une décapitalisation.

Ainsi dans les systèmes agro-pastoraux du Maghreb et Mashreq, il est difficile de comprendre les évolutions techniques ou économiques des systèmes d'exploitation sans prendre en compte les changements au niveau communautaire. Ce sera notre échelle de modélisation.

III.2. Quelques éléments bibliographiques

De nombreux économistes se sont intéressés à l'intégration des fonctions d'offre et demande dans ce type de modèle pour tenir compte 1) de la contrainte d'accès à certains facteurs pour les producteurs : offre inélastique de certains facteurs comme le travail dans les zones défavorisées, peu attractives ; 2) des écarts entre prix anticipés, base de référence des décisions de production, et prix réels, résultant de la confrontation de l'offre et de la demande qui sont dès lors des prix endogènes ; 3) des coûts de transaction (commercialisation, négociation) qui varient dans le temps et l'espace. A cela il faudrait rajouter la nécessité de tenir compte de l'influence sur les prix ou les quantités de l'évolution du marché international. Le niveau régional implique la définition des formes des marchés dans lesquels les acteurs (producteurs, consommateurs) opèrent et interfèrent mais aussi la diversité des comportements des producteurs ou consommateurs ainsi que les « objectifs sociaux partiels ». En effet, l'insigne avantage des modèles sectoriels est de pouvoir approcher voire mesurer les effets économiques et sociaux d'un changement du système d'aide ou les effets induits de politiques de subvention au niveau régional.

La base et la difficulté des modèles sectoriels est la prise en compte des fonctions d'offre et de demande aux différentes échelles spatiales de réalisation, dont la confrontation permettra d'approcher le prix réel auquel sont confrontés les agents. Beaucoup de choses ont déjà été écrites à propos des forces et des faiblesses relatives à ces modèles. Notre propos ici est de retracer brièvement les principales hypothèses et limites de ces approches et les deux grands types de modèles: les modèles de simulation économétrique à grande échelle et les modèles de programmation et les principales hypothèses qu'ils sous tendent.

Les principales limites de l'approche sectorielle ou régionale est bien la définition du secteur ou de la région dans un environnement où les frontières deviennent de plus en plus flou, franchissables, etc. Plus concrètement, « un modèle sectoriel complet nécessite la définition des variables et paramètres définissant les coûts d'opportunité des facteurs dans les autres secteurs pour permettre la détermination correcte des prix » (P. Hazell, p. 137). En effet, en agriculture, il est fréquent qu'un membre du ménage agricole travaille à l'extérieur, et donc le coût d'opportunité du travail n'est pas uniquement fonction du prix de rémunération du travail par l'agriculture, mais aussi des opportunités de travail à l'extérieur et des salaires. Ainsi la fonction de demande ou d'offre de travail dans l'exploitation a des liens étroits avec celle du ménage qui dépasse le secteur agricole. En résumé le secteur est une entité très mal défini (« interdependant », « multivariate entity », P. Hazell, 1986). A l'instar, pour les modèles régionaux, les régions interagissent entre elles par l'accès à des facteurs communs. Il existe aussi différentes formes de marché pour un même bien : l'orge peut être soit vendu pour les animaux soit pour la consommation humaine selon les saisons, et les courbes d'offre et demande au niveau régionale. Etc. Toutes ces interdépendances rendent difficile la délimitation des secteurs et du moins nécessitent la prise en compte des élasticités croisées de l'offre et demande intersectoriel et interrégionale.

Deux questions ou niveaux de décision se posent :

- pour les décideurs : comment allouer les fonds d'aide pour satisfaire un ensemble d'objectifs (diminution des subventions, accroître le bien être et la production, etc.) compte tenu des incertitudes sur la réponse des producteurs : problème d'allocation des ressources publiques compte tenu des objectifs sociaux et restriction budgétaire
- pour les producteurs : comment allouer de façon optimale mes facteurs pour accroître mon revenu, mes loisirs, etc.

Les premiers, modèles économétriques de simulation, sont composés d'une série d'équations qui décrivent les rapports entre relations économiques et structures, entre variables intra sectorielle et entre secteurs et influences exogènes. Les paramètres du modèle sont estimés à partir de tests statistiques. Ce type de modèle ne tient pas compte de la façon dont les

décideurs arrivent à leur décision et n'intègrent pas les changements de rapports liés à des changements extérieures. Sans compter les exigences de ce type d'outil : besoins en données.

Les seconds, modèles de programmation mathématique, découlent de l'approche normative adoptée dans les modèles d'optimisation d'une fonction objectif sous contraintes.

Pour les modèles de programmation, on peut distinguer trois grands types de modèles :

- modèle de maximisation du surplus commun des producteurs et consommateurs : estimation de la réaction de l'offre totale de produits en fonction d'une estimation endogène des prix calculés à partir de l'élasticité de la demande agrégée. Une telle estimation demande 5 paramètres : 1) description des comportements économiques des producteurs 2) description des fonctions de production des producteurs 3) définition des dotations en ressources (terres, capital, main d'œuvre) 4) spécification du marché dans lequel le producteur intervient qui inclut la forme du marché ainsi que les fonctions de demande du consommateur 5) spécialisation politique agricole régionale (Hazell, 1986). Une des limites de ce modèle est que les technologies de production sont supposées de type Léontiel à rendement constant qui se caractérisent par une matrice de coefficients à inputs fixes.
- Modèle de McClarc (1982) : agrégation de l'estimation des fonctions de réponse individuelle face à une panoplie d'interventions sans tenir compte des interactions entre systèmes ou acteurs.
- Modèle de Bruckwell et Hazell (1972) : combinaison de plusieurs modèles individuels, représentant chacun le comportement d'une exploitation représentative d'un groupe d'exploitations, dans un cadre unique agrégé où les transferts de facteurs ou produits entre types d'exploitation sont définies de manière explicite. La fonction objective du modèle agrégé est la somme pondérée des fonctions objectifs individuelles. La pondération est le poids de chaque type d'exploitation dans la population totale.

Ce dernier type de modèle présente aussi des limites qui sont de deux types : le principe d'agrégation et l'harmonisation de la gamme et du choix d'activités alternatives dans le modèle avec celles observées dans la réalité (expliquer) sachant que le nombre d'activités ne doit pas dépasser le nombre de contraintes obligatoires.

Ses avantages sont le respect des objectifs et des contraintes partiels individuels, la prise en compte du risque climatique et de l'incertitude des marchés au niveau individuel et régional, et la possibilité d'évaluer les effets internes d'une intervention régionale au niveau individuel et régional.

Pour le cadre de ce travail, le choix a été fait sur le modèle de programmation de Buckell et Hazell (1972), qui consiste à construire un modèle agrégé régional à partir des modèles individuels d'exploitations représentatives. L'agrégation est définie par Buckell comme la combinaison de plusieurs modèles individuels d'exploitations... Toutefois le passage du niveau individuel au niveau global pose plusieurs problèmes d'agrégation étant donné que toutes les exploitations ne sont pas identiques. La manière idéale pour agréger consiste d'abord à construire pour chaque exploitation individuelle un modèle et ensuite à relier l'ensemble de ces modèles pour former un modèle agrégé, régional ou national, d'équilibre partiel général.

Théoriquement soit X_i^* représentant la solution optimale du $i^{\text{ème}}$ modèle d'exploitation, la solution optimale du modèle agrégé, régional ou sectoriel, sera :

$$X_1^* = \sum X_i^*$$

Cependant comme il est pratiquement impossible de modéliser chaque exploitation pris individuellement, le modèle agrégé proposé considère uniquement les exploitations représentatives d'un ensemble d'exploitations ou du groupe. Cette approche consiste à une classification des exploitations en un ensemble de groupes homogènes ; un modèle individuel est construit par chaque exploitation représentative du groupe. Ainsi le modèle régional ou sectoriel sera l'agrégation des modèles des exploitations représentatives, en utilisant le nombre des exploitations de chaque groupe comme coefficient de pondération.

Soit X_h^* représentant la solution optimale du $h^{\text{ème}}$ modèle d'exploitation représentatif et soit n_h le nombre d'exploitations du groupe, la solution du modèle agrégé sera :

$$X_2^* = \sum n_h X_h^*$$

Utiliser le nombre d'exploitations dans chaque groupe comme poids est la meilleure procédure si les exploitations représentatives sont définies comme la moyenne arithmétique pour leurs groupes.

Cette agrégation n'est valide que si les exploitations sont classifiées au sein des groupes selon les besoins de la théorie de l'homogénéité. Cette théorie avancée par Day en 1963 exige trois conditions : homogénéité technologique (même type de ressources et contraintes, même niveau technologique), la proportionnalité pécuniaire (revenus similaires) et la proportionnalité institutionnelle (vecteur de contrainte de chaque exploitation proportionnel au vecteur de contrainte de l'exploitation agrégée ou moyenne)

III.3. Conception du modèle agrégé

Outre les questions techniques de l'agrégation, le modèle agrégé pose une série de questions relatives aux rapports et interactions entre agents économiques et leur formalisation, le choix des variables à endogénéiser, le degré de désagrégation des produits (inputs, outputs), des facteurs, des régions, des types et dimensions d'exploitations, le traitement du temps.

Le modèle agrégé retenu est un modèle de maximisation de l'utilité espérée globale sous contraintes, selon les principes néoclassiques, auxquels sont ajoutées les contraintes individuelles et les contraintes de transferts entre les exploitations. L'originalité est donc la prise en compte simultanée des objectifs et contraintes particuliers (max de rev, attitude face au risque) et des contraintes et des objectifs agrégés.

Pour l'instant, compte tenu de l'hétérogénéité de la demande (demande transfrontalière), on ne tient pas compte de la demande et les prix restent exogènes. Les principales contraintes communautaires concernent les échanges en facteurs et les droits d'accès sur les parcours. Les principaux transfert entre les exploitations agricoles concernent essentiellement les trois facteurs de production : terre, mécanisation et travail. Les équations de contraintes de mobilité permettent de limiter la mobilité des facteurs qui risquerait de surévaluer certains résultats.

1) Transfert de terre

Les échanges de terre dans la communauté sont réalisés sous des formes de contrats de métayage avec partage des intrants (fertilisants, semences, mécanisation) et des produits. En fait le prix de location du métayer correspond à son travail. Ce type de contrat s'explique par la structure des exploitations ; les exploitations qui ont des biens d'équipements ne possèdent pas généralement assez de terre et les exploitants qui ont de la terre ne possèdent pas assez de biens d'équipement. En outre dans les petites exploitations, la main d'œuvre familiale est généralement plus abondante et meilleur marché.

Ainsi la contrainte de possibilité de métayage au niveau de la communauté s'écrit :

$$\sum_{ox} NBR_{ex} * SUPASSOX_{cultures,edaph,techno,ex,ox} = \sum_{ox} NBR_{ox} * SUPASSODX_{cultures,edaph,techno,ox,ex}$$

avec :

$SUPASSOX_{cultures,edaph,techno,ex,ox}$: Terres prises en métayage par les exploitations ex aux exploitations ox

$SUPASSODX_{cultures,edaph,techno,ex,ox}$: Terres données en métayage par les exploitations ox aux exploitations ex

Nb_{ex} : Nombre d'exploitation ex

Nb_{ox} : Nombre d'exploitation ox

Ainsi la somme pondérée des terres pris en métayage doit être égale à la somme pondérée des terres données en métayage.

Par contre à l'extérieur de la communauté, les principaux contrats sont des contrats de fermage ou de location. Ici les terres prises en location sont limitées au montant total des terres louées l'année d'enquête ; les terres louées disponibles sont différenciées selon le type de sol.

$$\sum_{cultures, techno, ex} NBR_{ex} * SUPLOC_{cultures, edaph, techno, ex} < DISLOC_{edaph}$$

2) Transfert de travail et d'équipement

Le marché local de la main d'œuvre peut prendre plusieurs formes : offre très élastique due à l'arrivée de MO extérieure dans la région pendant les saison ; offre inélastique, limitée à la main d'œuvre locale ; offre encore plus inélastique avec migration de la MO à l'extérieur. Dans le cas de la communauté de Sidi Frej, on suppose une main d'œuvre inélastique, limitée aux capacités locales en raison du taux important de migration vers des zones plus attractives en terme de conditions de vie. Dès lors le recours à la main d'œuvre non familiale est limité au niveau communautaire par les disponibilités locales.

$$\sum_{ex} NBR_{ex} * TRAVSAL_{ex, period} = \sum_{ex} NBR_{ex} * TRAVSALV_{ex, period}$$

A l'instar de la main d'oeuvre, les possibilités de location d'équipements sont contraints par les disponibilités locales:

$$\sum_{ex} NBR_{ex} * SUPLOCO_{cultures, optech, edaph, techno, ex, period} * DUREM_{optech, techno, typem} * CALENDR_{optech, period} < \sum_{ox} NBR_{ox} * SUPLOCA_{cultures, optech, edaph, techno, ox, period} * DUREM_{optech, techno, typem} * CALENDR_{optech, period}$$

3) Contraintes de ressources communautaires

Les ressources communautaires sont composées des ressources produites individuellement et échangées et des ressources en provenance des espaces collectifs comme les zones de pâturage non appropriées, gérées par une collectivité ou l'Etat.

Les principales ressources produites individuellement et échangées dans la communautés sont constituées essentiellement des sous produits de l'agriculture non stockables et non transportables, comme les chaumes et les produits des plantations de cactus qui ne font pas aujourd'hui l'objet d'un échange sur un marché. On suppose dès lors que les achats pour ces ressources sont limités par la mise à disposition des autres producteurs de la communauté et on retrouve une équation de type travail et échange d'heures de mécanisation.

$$\sum_{ex} NBR_{ex} * ACHATALNS_{alimentp,ex,period} < \sum_{ox} NBR_{ox} * VENTALNS_{alimentp,ox,period}$$

Pour les ressources communautaires comme les parcours collectives, la quantité prélevée est fonction du droit d'accès à ces pâturages (qui est un droit individuel) et de la productivité de ces parcours, qui est fonction de la qualité du management de ces biens collectifs, fixé dans le modèle.

Ainsi :

$$\sum_{typant,ex} NBR_{ex} * DROIT_{par,ex} * PRELEV_{par,typant,period,ex} < SUPER_{par} * PRODU_{par,period}$$

Le droit d'accès aux ressources collectives (DROIT) est déterminé pour chaque type d'exploitation qui représente à la fois une entité économique, familiale et sociale. La quantité utilisée sur les parcours collectifs (PRELEV) est endogène : elle est fonction à la fois du droit d'accès et de la qualité des ressources communautaires.